

This Page Is Inserted by IFW Operations  
and is not a part of the Official Record

## **BEST AVAILABLE IMAGES**

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images may include (but are not limited to):

- BLACK BORDERS
- TEXT CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES
- FADED TEXT
- ILLEGIBLE TEXT
- SKEWED/SLANTED IMAGES
- COLORED PHOTOS
- BLACK OR VERY BLACK AND WHITE DARK PHOTOS
- GRAY SCALE DOCUMENTS

**IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.**

**As rescanning documents *will not* correct images,  
please do not report the images to the  
Image Problem Mailbox.**

**MANUFACTURE OF SEMICONDUCTOR THIN FILM**

Patent Number: JP5175124  
Publication date: 1993-07-13  
Inventor(s): IMAI HIDEAKI; others: 01  
Applicant(s): ASAHI CHEM IND CO LTD  
Requested Patent: ☐ JP5175124  
Application Number: JP19910342584 19911225  
Priority Number(s):  
IPC Classification: H01L21/203; C01B21/06; H01L33/00  
EC Classification:  
Equivalents:

---

**Abstract**

---

**PURPOSE:** To obtain an optimum semiconductor thin film for creating a blue light emitting element.

**CONSTITUTION:** A manufacturing method of a compound semiconductor thin film wherein a gaseous compound is made to react with a metallic simple substance or the vapor of a metallic salt on a substrate by heating the gaseous compound beforehand and feeding it to the surface of the substrate in an MBE method. By a low-temperature growth, the compound semiconductor thin film excelling in its surface flatness and crystalline quality can be obtained, and thereby, a blue light emitting element can be created even in a GaN thin film not larger than 1μm in its film thickness.

---

Data supplied from the esp@cenet database - I2

(19)日本国特許庁(JP)

(12)公開特許公報(A)

(11)特許出願公開 号

特開平5-175124

(43)公開日 平成5年(1993)7月13日

(51)Int.Cl. <sup>4</sup>	識別記号	庁内整理番号	FI	技術表示箇所
H01L 21/203	M	8422-4M		
C01B 21/06	M	7305-4C		
H01L 33/00	C	8834-4M		
	A	8834-4M		
	D	8834-4M		

審査請求 未請求 請求項の数1(全7頁)

(21)出願番号	特願平3-342584	(71)出願人	000000033 旭化成工業株式会社 大阪府大阪市北区堂島浜1丁目2番6号
(22)出願日	平成3年(1991)12月25日	(72)発明者	今井 秀秋 静岡県富士市岐島2番地の1 旭化成工業株式会社内
		(72)発明者	柴崎 一郎 静岡県富士市岐島2番地の1 旭化成工業株式会社内

(54)【発明の名称】 半導体薄膜の製造方法

(57)【要約】

【目的】 青色発光素子用として最適な半導体薄膜を得ること。

【構成】 MBE法において、ガス状化合物をあらかじめ加熱して基板面に供給することにより基板上で所定の金属の単体あるいは金属窒素の蒸気と反応させる化合物半導体薄膜の製造方法である。

【効果】 低温成長により、表面平坦性および結晶性に優れた化合物半導体薄膜を得ることができ、膜厚が1 $\mu$ m以下のGa<sub>0.5</sub>N<sub>0.5</sub>薄膜においても青色発光素子を作製することが可能になった。

R011591

## 【特許請求の範囲】

【請求項1】 真空中において、あらかじめ加熱したガス状化合物と、固体ソースより蒸発させた金属または金属塩の蒸気を基板面に供給して反応させて、基板面に結晶成長させることを特徴とする化合物半導体薄膜の製造方法。

## 【発明の詳細な説明】

【0001】

【産業上の利用分野】 本発明は、化合物半導体薄膜の成長方法、特に半導体素子として使用しうる特性の優れた化合物半導体薄膜の製造方法に関するものである。

【0002】

【従来の技術】 半導体発光素子、すなわち可視域発光ダイオードやレーザーダイオードは、広い分野において表示素子や光源として使用されている。しかし、紫外域～青色発光ダイオードおよびレーザーダイオードはまだ実用化されておらず、特に3原色を必要とするディスプレイ用発光素子や現在の媒体のままで記憶容量を増すことが可能な光ディスク用の短波長レーザーダイオードとして開発が期待されている。紫外域～青色発光ダイオードおよびレーザーダイオードとしては、Ga<sub>2</sub>N、ZnSe、ZnS、やSiCのような広いバンドギャップを有するものを使用することができる。

【0003】 しかし、一般的にこれらの広いバンドギャップを有する化合物半導体薄膜の作製は難しく、発光素子に使用可能な薄膜の製造方法はまだ確立されていない。例えば、青色発光素子材料として有力視されているGa<sub>2</sub>Nは、これまでサファイアC面上にMOCVD法、あるいはVPE法により成膜されている[Journal of Applied Physics, 56 (1984) 2367-2368]が、良好な結晶を得るためには反応温度を高くする必要があり、製造が著しく困難であった。さらに、高温での結晶成長であるため窒素が不足し欠陥となり、キャリアー密度が大きくなるため良好な半導体特性がいまだ得られていない。

【0004】 また、低温成膜を実現する試みでは、供給する窒素ガスに電子シャワーを照射して活性化する方法が行われている[Jap. J. Appl. Phys., 20 L545 (1981)]が、この方法によっても発光に至る良質の膜質は得られていない。また、窒素の不足を起こさないように活性の高い窒素源を用いて成膜を行うことが試みられている。活性の高い窒素源を得るためにプラズマを利用する方法が行われている[J. Vac. Sci. Technol., A7 701 (1989)]が成功していない。

【0005】 このため、発光素子を作製できる良質のGa<sub>2</sub>N薄膜を得ることは極めて困難であり、青色発光素子製作の大きな問題点であった。

【0006】

【発明が解決しようとする課題】 本発明は、この問題点を解決して半導体素子用として良好な特性を有する化合物半導体薄膜を製造しようとするものである。

【0007】

【課題を解決するための手段】 本発明者らは前記問題点を解決するための鋭意研究を重ねた結果、真空中で結晶成長させる際に基板面に供給するガスをあらかじめ所要の温度に加熱して基板面に供給することにより特性の良好な化合物半導体薄膜が低温で成長することを見だし、本発明を完成した。

【0008】 すなわち本発明は、真空中において、あらかじめ加熱したガス状化合物と、固体ソースより蒸発させた金属または金属塩の蒸気を基板面に供給して反応させることにより、基板面に結晶成長させることを特徴とする化合物半導体薄膜の製造方法である。本発明において、真空中とは、 $10^{-4}$  Torr以下の圧力のことであり、とくに、成長時の圧力を $10^{-5}$  Torr以下としてあらかじめ加熱したガス状化合物と、固体ソースより蒸発させた金属または金属塩の蒸気を互いに衝突しないように基板面に供給することが好ましい。したがって、本発明における化合物半導体薄膜の製造方法としてMBE法を用いるのが好ましいものとなる。

【0009】 本発明においては、ガス状化合物とは、基板の上に所望の化合物半導体薄膜の結晶を成長させるために該薄膜の構成元素を含み基板の上に供給されるものを言う。ガス状化合物をあらかじめ加熱して基板面に供給するが、これにより該ガス状化合物を活性化して基板面上での反応性を高めることが可能となる。したがって、化合物半導体薄膜の低温成長ができるようになり、得られる薄膜の特性も向上するものである。

【0010】 ここで使用できるガス状化合物の種類は限定はされないが、とくに少なくとも一種類のIII族元素を含む窒素化合物系半導体薄膜作製時の窒素化合物としては窒素を含有しない化合物であれば使用することができるが、なかでもアンモニア、三フッ化窒素、ヒドラジンあるいはジメチルヒドラジンがとくに好ましいものである。

【0011】 ZnS系半導体薄膜作製時の硫黄化合物としては、各種スルフィド化合物、メルカプタンなどを使用することができるが、とくに硫化水素が好ましい。ZnSe系半導体薄膜作製時のセレン化合物としては各種アルキル基を有するセレン化合物を使用することができるが特にセレン化水素が好ましい。SiC系半導体薄膜作製時の炭化水素化合物としては各種の脂肪族炭化水素や芳香族炭化水素を使用することができるが、とくにメタン、エタン、プロパン、あるいはアセチレンが好ましいものとなる。

【0012】 本発明におけるガス状化合物は、基板表面において固体ソースの供給量より大きくする必要があり、ガス状化合物の供給量が固体ソースの供給量より小さくなると生成する半導体薄膜からの、ガス状化合物から供給される元素の抜けが大きくなるため良好な半導体薄膜を得ることができなくなる。該ガス状化合物の供給

量は固体ソースより10倍以上、好ましくは100倍以上、さらに好ましくは1000以上とすることである。

【0013】また、該ガス状化合物を供給する場合に窒素、ヘリウム、アルゴンやネオン等の不活性ガスをキャリアーガスとして用いることも可能である。該ガス状化合物の供給方法としてはガスセルを用いればよく、これはBN、アルミナ、石英、ステンレスなどの管を基板面に開口部を向けて薄膜成長装置内に設置し、バルブや流量制御装置、圧力制御装置を接続することにより供給量の制御や供給の開始・停止を行うことができるようにしたものである。

【0014】本発明においては、該ガスセルにアルミナ、シリカ、窒化ホウ素、炭化ケイ素のようなセラミックスを繊維状、フレーク状、破砕状、粒状としたものを充填したり、さらには上記の種なセラミックスを多孔質状にして該ガスセルに設置して該ガス状化合物との接触面積を大きくすることにより加熱効率を上げることが好ましいものとなる。ガスセルの加熱温度を変えることにより、ガス状化合物の反応性を変えることができる。したがって、ガス状化合物から供給される元素の抜けを抑えることができ、キャリアー密度が大きくなって通過した半導体になってしまうことを防ぐことも可能となる。加熱温度は該ガス状化合物の種類や、供給量、ガスセルの構造等によって変えることが必要であるが、たとえばアンモニアでは100～500℃、硫化水素では100～800℃、セレン化水素では50～600℃の範囲に設定することが好ましいものとなる。

【0015】本発明において使用する金属、あるいは金属塩の固体ソースは、作製する化合物半導体薄膜に応じて変えればよい。III族からなる化合物半導体薄膜を作製する場合には、Al、Ga、Inの金属単体、それらのハロゲン化合物等、II族からなる化合物半導体薄膜を作製する場合には、ZnやCdの金属単体、それらのハロゲン化合物、IV族からなる化合物半導体薄膜を作製する場合にはSiやGeをの金属単体、それらのハロゲン化合物を用いることができる。

【0016】さらに、本発明においてはガス状化合物の一種以上および金属、あるいは金属塩の一種以上を同時に基板面に供給して混晶系の化合物半導体薄膜を製造することができる。また、導電型制御を行うために、化合物半導体薄膜を作製する際にMg、Zn、Be、Cd、Ca、Sr、Si、Ge、C、Sn、Hg、P、Se、Te、O、S、Li、N等を同時に供給してドーピングすることもできる。これらのドーパントの種類とドーピング量を変えることによってキャリアーの種類やキャリアー密度を変えることができる。ドーパントの種類や量は、化合物半導体の種類によって変えればよい。例えばGaNではp型またはi型半導体とするためにはMg、Zn、Be、Cd、Hg、Li、Ca、Sr等があり、n型半導体とするためにはSi、Ge、C、S

n、S、Se、Te等がある。ZnSやZnSeではp型またはi型半導体薄膜とするためにN、O、Li等があり、n型半導体薄膜とするためにGa、In、Al等がある。SiCではp型またはi型半導体薄膜とするためにN、O、Li等があり、n型半導体薄膜とするためにB、P等がある。

【0017】本発明において化合物半導体薄膜を成長するために使用する基板としては、Si、GaAs、InAs、InP、SiC、ZnSeのような化合物半導体の単結晶基板、サファイア、マグネシア、酸化亜鉛のような酸化物の単結晶基板がある。また、基板と化合物半導体薄膜の間にバッファ層として、その上に成長する化合物半導体からなるアモルファス状、多結晶状あるいは単結晶状の薄膜を形成しておくこともできる。また、とくに好ましいのは、基板の上に成長させる化合物半導体の格子定数の整数倍が基板の格子定数と2%以下の不整合であるか、基板の格子定数の整数倍がその上に成長させる化合物半導体の格子定数と2%以下の不整合であることで、これにより表面平坦性および結晶性が良好な発光素子グレードの化合物半導体薄膜を成長させることができる。ここで、基板上に成長する化合物半導体薄膜の格子定数と基板との不整合を2%以下にするために、基板の特定の面から所定の量だけ傾けた面を化合物半導体薄膜の成長面とすることも好ましいものである。

【0018】また、本発明においては、ガス状化合物および金属または金属塩を基板上に供給して所望の化合物半導体薄膜を成長させるものであるが、ガス状化合物と金属または金属塩を同時に供給し、つぎに一定時間成長中断しまた同時に両者を供給するという成長中断法、ガス状化合物はずっと供給しておき金属または金属塩は一定間隔ごとに供給するという成長方法を行うこともできる。

【0019】実際に、本発明の化合物半導体薄膜を半導体部品、とくに発光ダイオードやレーザーダイオードに応用する場合においては、これらの混晶系半導体薄膜、ドーピングした半導体薄膜を組み合わせ、in接合、pn接合、pin接合、シングルヘテロ構造、ダブルヘテロ構造、量子井戸構造、超格子構造等の構造を持った素子を製作するものである。

【0020】以下、一例としてMBE法を用いたGaN系薄膜の製造方法について説明するが、とくにこれに限定されるものではない。装置としては、図1に示すような真空容器1内に、蒸発用ルツボ(クローズドセル)2、3および4、アンモニア導入用ガスセル5、基板加熱ホルダー6を備えたMBE装置を使用した。

【0021】蒸発用ルツボ2にはGa金属を入れ、基板面において $1.0^{13} \sim 1.0^{19} / \text{cm}^2 \cdot \text{sec}$ になる温度に加熱した。アンモニアの導入にはガスセル5を用い、アンモニアを基板7に直接吹き付けるように設置した。導入量は基板表面において $1.0^{16} \sim 1.0^{20} / \text{cm}^2 \cdot \text{sec}$ に

るように供給した。蒸発用ルツボ3にはIn、Al、As、Sb等を入れ、所定の組成のⅢ族化合物半導体になるように組成および時間を制御して成膜を行なう。蒸発用ルツボ4にはMg、Zn、Be、Cd、Ca、Si、Ge、C、Sn、Hg、P等を入れ、所定の供給量になるように組成および供給時間を制御することによりドーピングを行なう。

【0022】基板7にはサファイアR面を使用し、200～900℃に加熱した。サファイアR面基板は、オフ角が0.8度以下のものが好ましく、さらに好ましくはサファイアR面をサファイアc軸のR面射影を軸として9.2度回転させた面を用いることである。まず、基板7を真空容器1内で900℃で加熱した後、所定の成長温度に設定し0.1～30オングストローム/secの成長速度で0.1～10μmの厚みのGa<sub>1-x</sub>In<sub>x</sub>N薄膜を作製する。

【0023】このGa<sub>1-x</sub>In<sub>x</sub>N薄膜のキャリア密度をファンデア・ポール法により測定したところ、 $10^{17}/\text{cm}^3 \sim 10^{20}/\text{cm}^3$ であった。また、300Kにおいてカソードルミネッセンス(CL)を測定したところ、図2に示すように3.5eV付近にピークをもつスペクトルが得られた。

【0024】

【実施例】以下、実施例によりさらに詳細に説明する。

【0025】

【実施例1】アンモニアを用いたMBE法により、Ga<sub>1-x</sub>In<sub>x</sub>N薄膜を作製した例について説明する。図1に示すような真空容器1内に、蒸発用ルツボ2、ガスセル5、および基板加熱ホルダー6を備えたMBEを装置として用いた。

【0026】蒸発用ルツボ2にはGa金属を入れ、1020℃に加熱した。ガスの導入には内部にアルミナファイバーを充填したガスセル5を使用し、350℃に加熱してガスを直接に基板7に吹き付けるようにして5cc/minの速度で供給した。基板7としては20mm角の大きさ、サファイアR面をサファイアc軸のR面射影を軸として9.2度回転させた面を用いた。

【0027】真空容器内の圧力は、成膜時において $1 \times 10^{-6}$ Torrであった。まず、基板7を900℃で30分間加熱し、ついで750℃の温度に保持し成膜を行う。成膜はアンモニアを350℃に加熱したガスセル5から供給しながらGaのルツボのシャッターを開けて行い、1.5オングストローム/secの成膜速度で膜厚0.2μmのGa<sub>1-x</sub>In<sub>x</sub>N薄膜を作製した。

【0028】このGa<sub>1-x</sub>In<sub>x</sub>N薄膜のキャリア密度をファンデア・ポール法により測定したところ、 $1.3 \times 10^{18}/\text{cm}^3$ であった。また、300Kにおいてカソードルミネッセンス(CL)を測定したところ、図2に示すように3.5eV付近にピークをもつスペクトルが得られた。

【0029】

【実施例2】MBE法によりGa<sub>1-x</sub>In<sub>x</sub>N薄膜を作製した例について説明する。蒸発用ルツボ2にはGa金属を入れ1020℃に加熱し、蒸発用ルツボ3にはInを入れ660℃に加熱した。ガスの導入には内部にアルミナファイバーを充填したガスセル5を使用し、350℃に加熱して、ガスを直接に基板7に吹き付けるようにして6cc/minの速度で供給した。

【0030】基板7としては20mm角の大きさ、オフ角が0.8度以下のサファイアR面を使用する。真空容器内の圧力は、成膜時において $1 \times 10^{-6}$ Torrであった。まず、基板7を900℃で30分間加熱し、ついで700℃の温度に保持し成膜を行った。成膜はアンモニアを350℃に加熱したガスセル5から供給しながらGaのルツボのシャッターを開けて行い、1.2オングストローム/secの成膜速度で膜厚0.3μmのGa<sub>1-x</sub>In<sub>x</sub>N薄膜(x=0.2)を作製した。

【0031】このGa<sub>1-x</sub>In<sub>x</sub>N薄膜のキャリア密度をファンデア・ポール法により測定したところ、 $8.5 \times 10^{17}/\text{cm}^3$ であった。また、300Kにおいてカソードルミネッセンス(CL)を測定したところ2.8eV付近にピークをもつスペクトルが得られた。

【0032】

【実施例3】MBE法により、Ga<sub>1-x</sub>In<sub>x</sub>NのMIS型構造を作製した例について説明する。図1に示すような真空容器1内に、蒸発用ルツボ2、蒸発用ルツボ3、ガスセル5、および基板加熱ホルダー6を備えたMBEを装置として用いた。蒸発用ルツボ2にはGa金属を入れ、1020℃に加熱した。蒸発用ルツボ4にはマグネシウム金属を入れ、ガスの導入には内部にアルミナファイバーを充填したガスセル5を使用し、350℃に加熱して、ガスを直接に基板7に吹き付けるようにして5cc/minの速度で供給した。

【0033】基板7としては20mm角の大きさ、サファイアR面をサファイアc軸のR面射影を軸として9.2度回転させた面を用いた。真空容器内の圧力は、成膜時において $1 \times 10^{-6}$ Torrであった。まず、基板7を900℃で30分間加熱し、ついで750℃の温度に保持し成膜を行う。成膜はアンモニアを350℃に加熱したガスセル5から供給しながらGaのルツボのシャッターを開けて行い、1.0オングストローム/secの成膜速度で膜厚0.1μmのGa<sub>1-x</sub>In<sub>x</sub>N薄膜を作製する。続いて、Gaのルツボのシャッターと同時にマグネシウムのルツボのシャッターを開けて、500オングストロームの厚みのドーピング層を形成した。

【0034】このGa<sub>1-x</sub>In<sub>x</sub>N薄膜の表面の抵抗を測定したところ $10\text{M}\Omega \cdot \text{cm}$ 以上あり、ドーピングしたGa<sub>1-x</sub>In<sub>x</sub>N層は絶縁性(i-GaN)であることがわかった。300Kにおけるカソードルミネッセンス(CL)測定の結果は、3.5eV付近のバンド間遷移によるピークをもつスペクトルが得られた。また、i-GaNをイオン

ミリング法によりエッチングして、ついで真空蒸着法により  $i\text{-GaAs}$  と  $n\text{-GaAs}$  のそれぞれに Al 電極を設けて図3に示すような構造の発光素子を作製した。その素子の電流-電圧特性を測定したところ、図4に示すようなダイオード特性が得られた。これに10mAの電流を注入することにより図5に示すような4200オングストロームにピークを有する発光スペクトルが観測された。

[0035]

[実施例4] 硫化水素を用いるMBE法によりZnS薄膜を作製した例について説明する。蒸発用ルツボ2にはZn金属を入れ280℃に加熱した。ガスの導入には内部にシリカファイバーを充填したガスセル5を使用し、500℃に加熱して、ガスを直接に基板7に吹き付けるようにして8cc/minの速度で供給した。

[0036] 基板7としては20mm角の大きさ、GaAs(100)基板を使用する。真空容器内の圧力は、成膜時において $2 \times 10^{-6}$ Torrであった。まず、基板7を400℃で30分間加熱し、ついで300℃の温度に保持し成膜を行った。成膜は硫化水素をガスセル5から供給しながらZnのルツボのシャッターを開けて行い、1.5オングストローム/secの成膜速度で膜厚0.8μmのZnSを作製した。

[0037] この薄膜のキャリア密度をファンデア・ボー法により測定したところ、 $2.3 \times 10^{18}/\text{cm}^3$ であった。また、300Kにおいてカソードルミネセンス(CL)を測定したところ3.6eV付近にピークをもつスペクトルが得られた。

[0038]

[実施例5] セレン化水素を用いるMBE法によりZnSe薄膜を作製した例について説明する。蒸発用ルツボ2にはZn金属を入れ280℃に加熱した。ガスの導入には内部にシリカファイバーを充填したガスセル5を使用し、450℃に加熱して、ガスを直接に基板7に吹き付けるようにして8cc/minの速度で供給した。

[0039] 基板7としては20mm角の大きさ、GaAs(100)基板を使用する。真空容器内の圧力は、成膜時において $2 \times 10^{-6}$ Torrであった。まず、基板7を400℃で30分間加熱し、ついで300℃の温度に保持し成膜を行った。成膜はセレン化水素をガスセル5から供給しながらZnのルツボのシャッターを開けて行い、1.5オングストローム/secの成膜速度で膜厚0.8μmのZnSeを作製した。

[0040] この薄膜のキャリア密度をファンデア・ボー法により測定したところ、 $7.4 \times 10^{17}/\text{cm}^3$ であった。また、300Kにおいてカソードルミネセンス(CL)を測定したところ2.7eV付近にピークをもつスペクトルが得られた。

[0041]

[実施例6] プロパンを用いるMBE法によりSiC薄膜

を作製した例について説明する。蒸発用ルツボ2にはSi金属を入れ1500℃に加熱した。ガスの導入には内部にシリカファイバーを充填したガスセル5を使用し、350℃に加熱して、ガスを直接に基板7に吹き付けるようにして8cc/minの速度で供給した。

[0042] 基板7としては20mm角の大きさ、Si(100)基板を使用する。真空容器内の圧力は、成膜時において $2 \times 10^{-6}$ Torrであった。まず、基板7を1000℃で30分間加熱し、ついで850℃の温度に保持し成膜を行った。成膜はプロパンをガスセル5から供給しながらSiのルツボのシャッターを開けて行い、1.5オングストローム/secの成膜速度で膜厚0.3μmのSiCを作製した。

[0043] この薄膜のキャリア密度をファンデア・ボー法により測定したところ、 $1.6 \times 10^{18}/\text{cm}^3$ であった。また、300Kにおいてカソードルミネセンス(CL)を測定したところ3.0eV付近にピークをもつスペクトルが得られた。

[0044]

[発明の効果] 本発明による半導体薄膜作製方法によれば、低い温度において半導体素子材料として好適な良質な薄膜が作製できる。また、GaAs薄膜では1μm以下の膜厚でも電流注入により青色発光する素子を作製することができる。

[図面の簡単な説明]

[図1] 薄膜作製に用いたMBE装置の概略図である。

[図2] 実施例1で得られたGaAs薄膜のカソードルミネセンスの測定結果を示すスペクトル図である。

[図3] GaNMIS型構造素子を示す概略断面図である。

[図4] 実施例3で得られたGaNMIS型構造素子のダイオード測定結果を示すグラフである。

[図5] 実施例3で得られたGaNMIS型構造素子の発光スペクトル図である。

[符号の説明]

- 1 真空容器
- 2 蒸発用ルツボ
- 3 蒸発用ルツボ
- 4 蒸発用ルツボ
- 5 ガスセル
- 6 基板加熱ホルダー
- 7 基板
- 8 クライオパネル
- 9 バルブ
- 10 コールドトラップ
- 11 抽気ポンプ
- 12 抽気ポンプ
- 13 シャッター
- 14 シャッター
- 15 シャッター

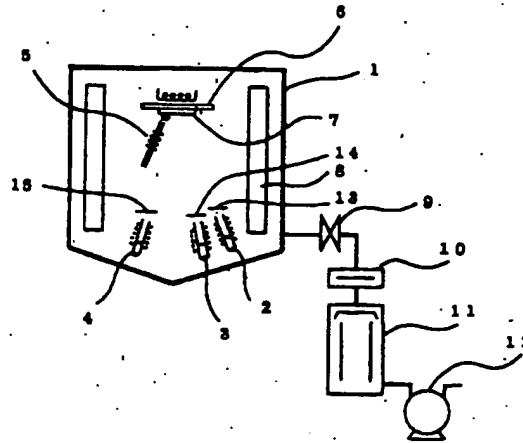
16 サファイアR面基板

17 n型窒化ガリウム半導体層

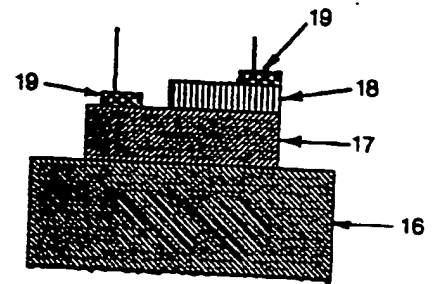
18 i型窒化ガリウム半導体層

19 Al電極

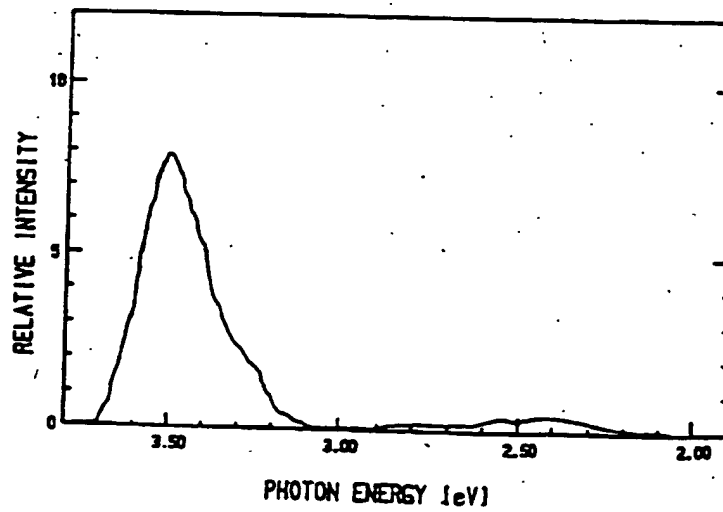
【図1】



【図3】



【図2】

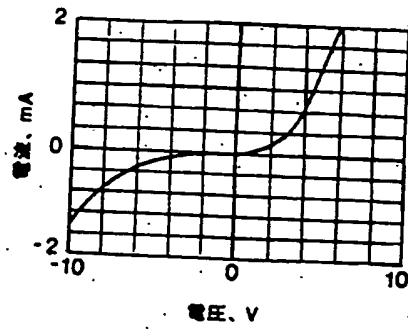




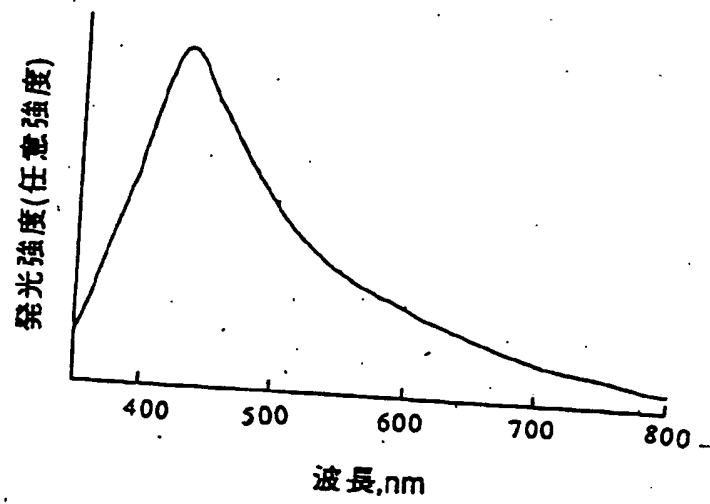
(7)

特開平05-175124

【圖4】



【圖5】



R011597